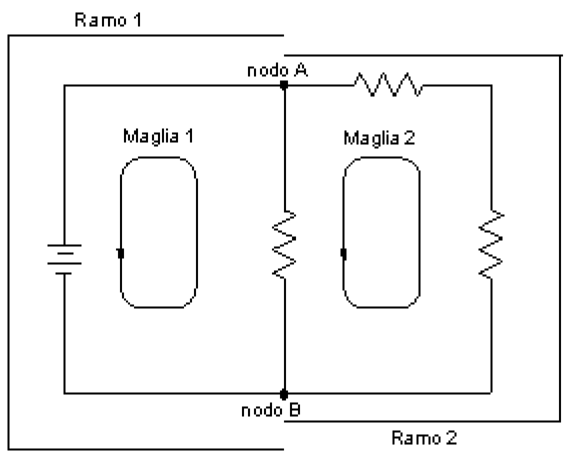
Consideriamo un sistema composto da più conduttori percorsi da corrente e da una o più sorgenti di f.e.m. (generatori); tale sistema prende il nome di rete ed ogni conduttore prende il nome di ramo della rete, costituito da una disposizione in serie di elementi attivi (generatori) e passivi (resistenze), o, eventualmente, di un solo tipo di elemento. I rami si incontrano in punti detti nodi o diramazioni. Un nodo è composto da almeno tre rami.
Una maglia è l'insieme di più rami della rete che formano un circuito chiuso non ulteriormente divisibile in parti chiuse.

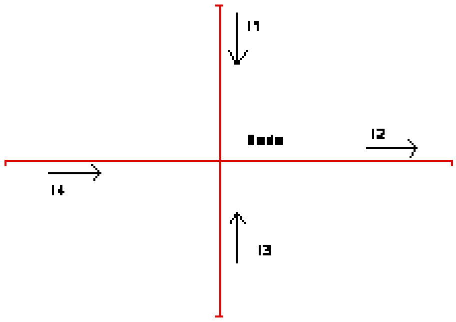


Prima legge di Kirchhoff (legge dei nodi):

La somma algebrica delle intensità di corrente nei rami facenti capo allo stesso nodo è nulla.

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$$

Siano I1, I2, I3, ... In le intensità di corrente degli n rami di un nodo. Queste sono considerate positive se entranti nel nodo, negative se uscenti.Per spiegare il concetto di somma algebrica, osserviamo il seguente esempio:



Le correnti entranti sono I1, I3 ed I4. Nella sommatoria sono addizionate.La corrente uscente è I2 . Nella sommatoria è sottratta.
La prima legge di Kirchhoff è così tradotta:

$$\sum_{k=1}^{4} I_k = I_1 + I_2 + I_3 - I_2 = 0$$

La legge dei nodi è una diretta conseguenza della legge di conservazione della carica; infatti la quantità di carica che entra in un nodo è uguale alla quantità di carica che ne esce; in altre parole nel nodo non c'è accumulo né diminuzione di carica. Per questo motivo, in un dato intervallo di tempo Δt, la corrente entrante in un nodo deve essere uguale a quella uscente.

Seconda legge di Kirchhoff (legge delle maglie):

La somma algebrica delle f.e.m. agenti lungo i rami di una maglia è uguale alla somma algebrica dei prodotti delle intensità di corrente di ramo per le rispettive resistenze (del ramo).

$$\sum_{k=1}^{m} I_k R_k = \sum_{k=1}^{n} f_k$$

In altre parole:

In ogni maglia la somma algebrica degli incrementi di potenziale è uguale alla somma delle diminuzioni di potenziale.

Se prendiamo un punto arbitrario X di una maglia, sia Vx il potenziale in X e immaginiamo di percorrere tutta la maglia in un senso o nell'altro e di ritornare in X, il potenziale sarà ancora Vx.

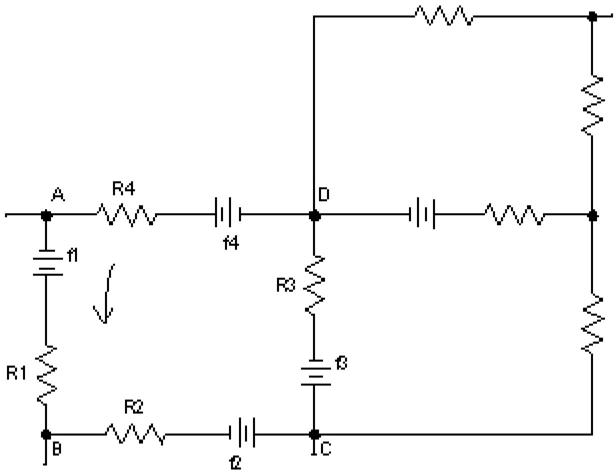
Se nel percorrere le maglie si sono incontrate n f.e.m. la cui somma algebrica è $\sum_{k=1}^{n} f_k$, si dovranno incontrare anche m cadute di tensione

$\sum_{k=1}^{m} I_k R_k$, tali che la differenza con le f.e.m. si annulli.

Per spiegare la II legge di Kirchhoff, si focalizza l'attenzione su una maglia della rete e si fissa ad arbitrio una corrente di maglia con un verso di scorrimento positivo. Per ogni ramo della maglia valgono le seguenti definizioni:

- La corrente di ramo è positiva se concorde con il verso della corrente di maglia, altrimenti è negativa.
- Le forze elettro-motrici di ramo sono positive se la corrente di maglia attraversa i generatori dal polo negativo al polo positivo, altrimenti sono negative.

Esempio:



Si consideri la maglia ABCD e si fissi un verso arbitrario positivo di corrente di maglia (per esempio il verso antiorario).
La II legge di Kirchhoff è:

$$f_1 + f_2 - f_3 + f_4 = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_4 I_4$$

È un'equazione che si può ottenere anche mettendo a sistema la legge di Ohm per i quattro rami della maglia:

$$\begin{aligned} V_A + f_1 - R_1 I_1 &= V_B \\ V_B + f_2 - R_2 I_2 &= V_C \\ V_C - f_3 - R_3 I_3 &= V_D \\ V_D + f_4 - R_4 I_4 &= V_A \end{aligned}$$